

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-277863

(43)Date of publication of application : 06.10.2000

(51)Int.Cl.

H01S 5/323

H01L 33/00

(21)Application number : 11-080583

(71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 24.03.1999

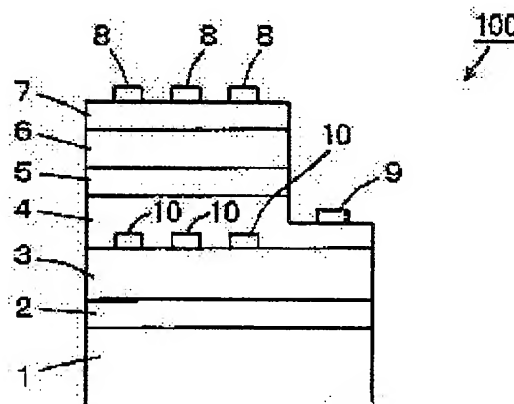
(72)Inventor : TOMINAGA KOJI

## (54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor light emitting element with high light emission efficiency and high reliability, and to provide its manufacturing method.

SOLUTION: In a light emitting diode element 100, a buffer layer 2, a GaN layer 3, an n-contact layer 4, an MQW light emitting layer 5, a p-clad layer 6, and a p-contact layer 7 are sequentially laminated on a sapphire substrate 1. An SiO<sub>2</sub> film 10 as a mask layer is formed in a plurality of striped regions in parallel on the GaN layer 3. A plurality of striped p-electrodes arranged in parallel are formed on the p-contact layer 7, corresponding to these SiO<sub>2</sub> films 10.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-277863  
(P2000-277863A)

(43) 公開日 平成12年10月6日 (2000.10.6)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

H 0 1 S 5/323

H 0 1 L 33/00

F I

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 33/00

テーマコード(参考)

6 7 3

5 F 0 4 1

C 5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平11-80583

(22) 出願日 平成11年3月24日 (1999.3.24)

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 富永 浩司

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三  
洋電機株式会社内

(74) 代理人 100098305

弁理士 福島 祥人

Fターム(参考) 5F041 AA43 CA04 CA05 CA34 CA40

CA46 CA65

5F073 AA51 AA74 AB05 CA07 CB05

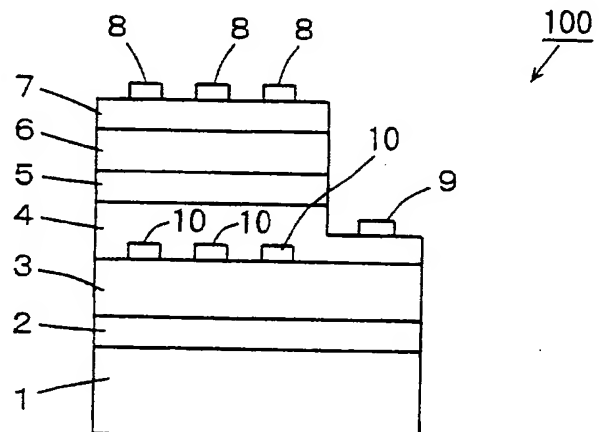
CB09 DA05

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 発光効率が高くかつ信頼性の高い半導体発光素子およびその製造方法を提供することである。

【解決手段】 発光ダイオード素子100においては、サファイア基板1上にバッファ層2、Ga N層3、n-コンタクト層4、MQW発光層5、p-クラッド層6およびp-コンタクト層7が順に積層されている。Ga N層3上の平行に並ぶ複数のストライプ状領域にマスク膜としてSi O<sub>2</sub> 膜10が形成されており、このSi O<sub>2</sub> 膜10に対応して、平行に並ぶ複数のストライプ状のp電極がp-コンタクト層7上に形成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に第 1 の半導体層が形成され、前記第 1 の半導体層上の 1 または複数のストライプ状領域に絶縁体または金属からなるマスク膜が形成され、前記第 1 の半導体層上および前記マスク膜上に発光層を含む第 2 の半導体層が形成され、前記マスク膜の領域に対応する前記第 2 の半導体層上の領域内に電極が形成されたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 2】 前記マスク膜は、平行に並ぶ複数のストライプ状領域に形成されたことを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 3】 前記マスク膜は、互いに交差する複数のストライプ状領域に形成されたことを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 4】 前記第 1 の半導体層はガリウム、アルミニウム、インジウムおよびホウ素の少なくとも 1 つを含む第 1 の窒化物系半導体層であり、前記第 2 の半導体層はガリウム、アルミニウム、インジウムおよびホウ素の少なくとも 1 つを含む第 2 の窒化物系半導体層であることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 5】 前記第 2 の窒化物系半導体層は n 型半導体層、前記発光層および p 型半導体層を順に含み、前記 p 型半導体層上に前記電極が形成されたことを特徴とする請求項 4 記載の半導体発光素子。

【請求項 6】 前記マスク膜が前記第 1 の窒化物系半導体層の (11-20) 方向または (1-100) 方向に沿うように形成されたことを特徴とする請求項 4 または 5 記載の半導体発光素子。

【請求項 7】 前記電極は前記マスク膜の中央部を除く領域の上部に形成されたことを特徴とする請求項 1～6 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 8】 前記マスク膜を構成する絶縁体は酸化物または窒化物であることを特徴とする請求項 1～7 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 9】 前記マスク膜を構成する金属は前記第 1 および第 2 の半導体層の成長時の基板温度よりも高い融点を有する金属であることを特徴とする請求項 1～7 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 10】 基板上に第 1 の半導体層を形成する工程と、前記第 1 の半導体層上の 1 または複数のストライプ状領域に絶縁体または金属からなるマスク膜を形成する工程と、前記第 1 の半導体層上および前記マスク膜上に横方向成長技術を用いて発光層を含む第 2 の半導体層を形成する工程と、前記マスク膜の領域に対応する前記第 2 の半導体層上の領域内に電極を形成する工程とを備えたことを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項 11】 前記マスク膜は、平行に並ぶストライプ状領域に形成することを特徴とする請求項 10 記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 12】 前記マスク膜は、互いに交差する複数のストライプ状領域に形成することを特徴とする請求項 10 記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 13】 前記第 1 の半導体層はガリウム、アルミニウム、インジウムおよびホウ素の少なくとも 1 つを含む第 1 の窒化物系半導体層からなり、前記第 2 の半導体層はガリウム、アルミニウム、インジウムおよびホウ素の少なくとも 1 つを含む第 2 の窒化物系半導体層からなることを特徴とする請求項 10～12 のいずれかに記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 14】 前記第 2 の窒化物系半導体層を形成する工程は、n 型半導体層、前記発光層および p 型半導体層を順に形成する工程を含み、前記 p 型半導体層上に前記電極を形成することを特徴とする請求項 13 記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 15】 前記マスク膜は前記第 1 の窒化物系半導体層の (11-20) 方向または (1-100) 方向に沿うように形成することを特徴とする請求項 13 または 14 記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 16】 前記電極は前記マスク膜の中央部を除く領域の上部に形成することを特徴とする請求項 10～15 のいずれかに記載の半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、BN（窒化ホウ素）、GaN（窒化ガリウム）、AlN（窒化アルミニウム）もしくは InN（窒化インジウム）またはこれらの混晶等の III-V 族窒化物系半導体（以下、窒化物系半導体と呼ぶ）からなる化合物半導体層を有する半導体発光素子およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、青色または紫色の光を発する発光ダイオード素子、半導体レーザ素子等の半導体発光素子として、GaN 系半導体発光素子の実用化が進んできている。

【0003】GaN 系半導体発光素子の製造の際には、GaN からなる基板が存在しないため、サファイア（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）等の絶縁性基板上に各層をエピタキシャル成長させている。例えばサファイア基板上に、n 型の不純物がドーピングされた n 型半導体層、発光層および p 型の不純物がドーピングされた p 型半導体層を順に積層する。

【0004】GaN 系発光ダイオード素子において、サファイア基板側から光を取り出す場合、半導体層が下向きとなるエピサイドダウン構造となる。このような構造の発光ダイオード素子においては、バンプを用いて電極を接触させる際に短絡等が生じるため、歩留りが低下する。また、素子の大きさが大きい場合、素子の小型化を

図る際に問題となる。以上のことから、GaN系発光ダイオード素子においては、サファイア基板上に成長させた半導体層側から光を取り出すのが一般的である。

【0005】一方、GaN系発光ダイオード素子のp型半導体層においては、正孔の濃度を高くすることが困難である。したがって、p型層の抵抗率が高くなるため、p電極から注入された電流は広がらず、p電極下の狭い領域が電流注入領域となる。このため、発光領域がp電極下に限られ、十分な発光が得られない。そこで、現在実用化されているGaN系発光ダイオード素子においては、p型半導体層の広い領域に渡って金属薄膜からなる透光性p電極を形成する。それにより、電流注入領域が広がるため、発光領域を広くとることが可能になるとともに、p型半導体層側から光を取り出すことが可能になる。

【0006】しかしながら、このような透光性p電極の厚さは100Å程度と薄いため、形成時の厚さの制御が困難である。そのため、結果的に光の透過率の制御性が低下するという問題がある。また、透光性p電極であっても、光の透過率が100%とはならないため、光を取り出す際に光の損失が生じる。

【0007】以上の問題点を解決するため、特許第2591521号また特開平5-335622号に示すように、p電極から注入された電流をp型半導体層全体に広げるための格子状または放射状の補助電極を、p型半導体層の広い領域に渡って形成する方法があげられている。このような発光ダイオード素子においては、電流注入領域が広がるため発光領域が広くなるとともに、電極による被覆領域が狭くなるため光の損失を低減することが可能となる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このようなGaN系発光ダイオード素子において、GaNおよびサファイア基板の格子定数の違いから、サファイア基板上に成長させたGaN系半導体結晶には通常 $10^9$ 個/cm<sup>2</sup>程度の格子欠陥が存在する。このような格子欠陥はサファイア基板の表面からGaN系半導体層へと伝搬する。したがって、上記のようにp電極を格子状または放射状に形成した場合においても、格子欠陥のために発光効率等の素子特性の低下および信頼性の低下が生じる。

【0009】本発明の目的は、発光効率が高くかつ信頼性の高い半導体発光素子およびその製造方法を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段および発明の効果】本発明に係る半導体発光素子は、基板上に第1の半導体層が形成され、第1の半導体層上の1または複数のストライプ状領域に絶縁体または金属からなるマスク膜が形成され、第1の半導体層上およびマスク膜上に発光層を含む

第2の半導体層が形成され、マスク膜の領域に対応する第2の半導体層上の領域内に電極が形成されたものである。

【0011】本発明に係る半導体発光素子においては、第1の半導体層上に形成されたマスク膜上に横方向成長技術を用いて第2の半導体層が形成されている。このため、マスク膜上の領域の第2の半導体層においては、第1の半導体層から延びる格子欠陥が伝搬しない。したがって、マスク膜上の領域の第2の半導体層は格子欠陥がほとんど存在せず高品質となる。

【0012】上記の半導体発光素子においては、マスク膜上の高品質な第2の半導体層の領域上に電極が形成されているため、電極下の第2の半導体層の電流注入領域および発光領域は格子欠陥がほとんど存在せず高品質となる。それにより、発光効率が高くかつ信頼性の高い半導体発光素子が得られる。

【0013】マスク膜は、平行に並ぶ複数のストライプ状領域に形成されてもよい。この場合、マスク膜に対応して、平行に並ぶ複数のストライプ状の電極が第2の半導体層上に形成される。

【0014】このような半導体発光素子においては、ストライプ状の電極が第2の半導体層上の広い領域に渡って形成されているため、電流注入領域が広くなり、発光層における発光領域が広がる。また、電極がストライプ状であるため、電極により被覆される第2の半導体層の面積が小さく、電極側から光を取り出す際の光の損失を低減することが可能となる。以上のことから、半導体発光素子の発光効率の向上がさらに図られる。

【0015】また、マスク膜は、互いに交差する複数のストライプ状領域に形成されてもよい。この場合、マスク膜に対応して、互いに交差する複数のストライプ状の電極が第2の半導体層上に形成される。

【0016】この場合においても、電流注入領域が広がるため発光層における発光領域が広くなるとともに、電極側から光を取り出す際の光の損失を低減することが可能となる。それにより、半導体発光素子の発光効率の向上が図られる。

【0017】第1の半導体層はガリウム、アルミニウム、インジウムおよびホウ素の少なくとも1つを含む第1の窒化物系半導体層であり、第2の半導体層はガリウム、アルミニウム、インジウムおよびホウ素の少なくとも1つを含む第2の窒化物系半導体層であってもよい。

【0018】このような第1および第2の窒化物系半導体層が基板上に形成されてなる半導体発光素子においては、基板と各窒化物系半導体層との格子定数の違いにより、各窒化物系半導体層に基板から上下方向に延びる格子欠陥が存在する。しかしながら、本発明に係る半導体発光素子においては、第1の窒化物系半導体層上のストライプ状領域にマスク膜が形成されているため、マスク膜上の第2の窒化物系半導体層の領域は格子欠陥がほと

んど存在せず高品質となる。さらに、このような高品質な第2の窒化物系半導体層の領域上に電極が形成されているため、電極下の電流注入領域および発光領域の結晶性が良好となる。したがって、発光効率および素子の信頼性が大幅に向上した半導体発光素子が得られる。

【0019】また、第2の窒化物系半導体層はn型半導体層、発光層およびp型半導体層を順に含み、p型半導体層上に電極が形成されてもよい。

【0020】この場合、第2の窒化物系半導体層のp型半導体層は、正孔濃度を高くすることが困難であるため、抵抗が高い。したがって、p型半導体層に注入された電流は、広がることなく、電極下の第2の窒化物系半導体層の領域に注入される。それにより、電極下の結晶性の良好な領域に、電流注入領域および発光領域が形成される。

【0021】マスク膜が第1の窒化物系半導体層の(11-20)方向または(1-100)方向に沿うように形成されることが好ましい。

【0022】これにより、マスク膜上における第2の窒化物系半導体層の横方向の成長を促進することが可能となる。

【0023】また、電極はマスク膜の中央部を除く領域の上部に形成されることが好ましい。マスク膜の中央部の領域においては、両側から横方向成長してきた第2の窒化物系半導体層が接触する。このため、マスク膜の中央部の領域は、マスク膜上の他の領域に比べて結晶性が悪くなる。このような結晶性の悪いマスク膜の中央部の領域を除いて電極が形成された半導体発光素子においては、電流注入領域および発光領域の結晶性がさらに良好となる。

【0024】マスク膜を構成する絶縁体は酸化物または窒化物であってもよく、また、マスク膜を構成する金属は第1および第2の半導体層の成長時の基板温度よりも高い融点を有する金属であってもよい。このような材料から構成されるマスク膜を第1の半導体層上に形成することにより、マスク膜上において第2の半導体層を横方向成長させることが可能となる。

【0025】本発明に係る半導体発光素子の製造方法は、基板上に第1の半導体層を形成する工程と、第1の半導体層上の1または複数のストライプ状領域に絶縁体または金属からなるマスク膜を形成する工程と、第1の半導体層上およびマスク膜上に横方向成長技術を用いて発光層を含む第2の半導体層を形成する工程と、マスク膜の領域に対応する第2の半導体層上の領域内に電極を形成する工程とを備えたものである。

【0026】本発明に係る半導体発光素子の製造方法においては、第1の半導体層上にマスク膜を形成し、このマスク膜上に横方向成長技術を用いて第2の半導体層を形成する。このため、マスク膜上の領域の第2の半導体層においては、第1の半導体層から延びる格子欠陥が伝

搬しない。したがって、マスク膜上の領域の第2の半導体層は格子欠陥がほとんど存在せず高品質となる。

【0027】また、マスク膜上の高品質な第2の半導体層の領域上に電極を形成するため、電極下の第2の半導体層の電流注入領域および発光領域は格子欠陥がほとんど存在せず高品質となる。それにより、発光効率が高くかつ信頼性の高い半導体発光素子が得られる。

【0028】マスク膜は、平行に並ぶストライプ状領域に形成してもよい。この場合、マスク膜に対応して、平行に並ぶ複数のストライプ状の電極を第2の半導体層上に形成する。

【0029】このようにして製造した半導体発光素子においては、ストライプ状の電極が第2の半導体層上の広い領域に渡って形成されているため、電流注入領域が広くなり、発光層における発光領域が広がる。また、電極がストライプ状であるため、電極により被覆される第2の半導体層の面積が小さく、電極側から光を取り出す際の光の損失を低減することが可能となる。以上のことから、半導体発光素子の発光効率の向上がさらに図られる。

【0030】また、マスク膜は、互いに交差する複数のストライプ状領域に形成してもよい。この場合、マスク膜に対応して、互いに交差する複数のストライプ状の電極を第2の半導体層上に形成する。

【0031】このようにして製造した半導体発光素子においても、電流注入領域が広がるため発光層における発光領域が広くなるとともに、電極側から光を取り出す際の光の損失を低減することが可能となる。それにより、半導体発光素子の発光効率の向上が図られる。

【0032】第1の半導体層はガリウム、アルミニウム、インジウムおよびホウ素の少なくとも1つを含む第1の窒化物系半導体層から構成され、第2の半導体層はガリウム、アルミニウム、インジウムおよびホウ素の少なくとも1つを含む第2の窒化物系半導体層から構成されてもよい。

【0033】このような第1および第2の窒化物系半導体層を基板上に形成した半導体発光素子においては、基板と各窒化物系半導体層との格子定数の違いにより、各窒化物系半導体層に基板から上下方向に延びる格子欠陥が存在する。しかしながら、本発明に係る半導体発光素子の製造方法においては、第1の窒化物系半導体層上のストライプ状領域にマスク膜を形成することにより、マスク膜上に第2の窒化物系半導体層を横方向成長させるため、マスク膜上の第2の窒化物系半導体層の領域は格子欠陥がほとんど存在せず高品質となる。さらに、このような高品質な第2の窒化物系半導体層の領域上に電極を形成するため、電極下の電流注入領域および発光領域の結晶性が良好となる。したがって、発光効率および素子の信頼性が大幅に向上した半導体発光素子が得られる。

【0034】第2の窒化物系半導体層を形成する工程は、n型半導体層、発光層およびp型半導体層を順に形成する工程を含み、p型半導体層上に電極を形成してもよい。

【0035】この場合、第2の窒化物系半導体層のp型半導体層は、正孔濃度を高くすることが困難であるため、抵抗が高い。したがって、p型半導体層に注入された電流は、広がることなく、電極下の第2の窒化物系半導体層の領域に注入される。それにより、電極下の結晶性の良好な領域に、電流注入領域および発光領域が形成される。

【0036】マスク膜は第1の窒化物系半導体層の(11-20)方向または(1-100)方向に沿うように形成することが好ましい。

【0037】これにより、マスク膜上における第2の窒化物系半導体層の横方向の成長を促進することが可能となる。

【0038】また、電極はマスク膜の中央部を除く領域の上部に形成することが好ましい。マスク膜の中央部上の領域においては、両側から横方向成長してきた第2の窒化物系半導体層が接触する。このため、マスク膜の中央部上の領域は、マスク膜上の他の領域に比べて結晶性が悪くなる。このような結晶性の悪いマスク膜の中央部上の領域を除いて電極を形成することにより、半導体発光素子において電流注入領域および発光領域の結晶性がさらに良好となる。

【0039】

【発明の実施の形態】図1は本発明の一実施例における発光ダイオード素子の断面図である。

【0040】図1に示すように、発光ダイオード素子100においては、サファイア基板1のc(0001)面上に厚さ15nmのAlGa<sub>0.3</sub>Nからなるバッファ層2、厚さ0.5μmのアンダーのGa<sub>0.3</sub>N層3が順に積層されている。

【0041】Ga<sub>0.3</sub>N層3上の平行に並ぶ複数のストライプ状領域に、マスク膜としてSiO<sub>2</sub>膜10が形成されている。SiO<sub>2</sub>膜10のストライプの幅は2~10μmであり、ストライプの間隔は2~10μmである。例えば、この場合のSiO<sub>2</sub>膜10のストライプの幅は8μmであり、ストライプの厚さは1μm、ストライプの間隔は4μmである。また、このようなストライプ状のSiO<sub>2</sub>膜10はGa<sub>0.3</sub>N層3の(11-20)方向または(1-100)方向に形成されている。

【0042】SiO<sub>2</sub>膜10上およびGa<sub>0.3</sub>N層3上に、厚さ20μmのn-Ga<sub>0.3</sub>Nからなるn-コンタクト層4、多重量子井戸発光層(以下、MQW発光層と呼ぶ)5、厚さ0.15μmのp-AlGa<sub>0.3</sub>Nからなるp-クラッド層6および厚さ0.3μmのp-Ga<sub>0.3</sub>Nからなるp-コンタクト層7が順に積層されている。

【0043】なお、n型ドーパントとしてはSiが用い

られており、p型ドーパントとしてはMgが用いられている。

【0044】MQW発光層5は、厚さ6nmのアンダーのGa<sub>0.3</sub>Nからなる量子障壁層と、厚さ3nmのアンダーのGa<sub>0.3</sub>In<sub>0.7</sub>Nからなり圧縮歪みを有する量子井戸層とが交互に積層されてなる多重量子井戸構造を有する。この場合、例えば5つの量子障壁層と4つの量子井戸層とが交互に積層されている。

【0045】p-コンタクト層7からn-コンタクト層4までの一部領域がエッチングされ、n-コンタクト層4が露出している。露出したn-コンタクト層4上にn電極9がオーミック接触している。この場合、n電極9はAu膜およびTi膜が積層されてなる。また、複数のストライプ状SiO<sub>2</sub>膜10上に位置するp-コンタクト層7のストライプ状の領域内上に、平行に並ぶストライプ状の複数のp電極8がオーミック接触している。この場合、p電極8はAu膜およびPd膜が積層されてなる。

【0046】発光ダイオード素子100においては、SiO<sub>2</sub>膜10間に露出したGa<sub>0.3</sub>N層3上に成長させたn-Ga<sub>0.3</sub>N層4をSiO<sub>2</sub>膜10上に横方向成長(エピタキシャルラテラルオーバーグロース; ELOG)させることにより、SiO<sub>2</sub>膜10上にn-コンタクト層4を形成している。このようなn-Ga<sub>0.3</sub>Nの横方向成長においては転移(格子欠陥)が伝搬しない。このため、各層4~7のSiO<sub>2</sub>膜10上の領域においては、ほとんど貫通転移が存在せず、結晶が高品質となる。

【0047】一方、Ga<sub>0.3</sub>N系半導体からなるp型半導体層6、7は、正孔濃度を高くすることが困難であるため導電率が低い。このため、p電極8から注入された電流は、広がることなくp電極8下の領域に集中して注入される。それにより、MQW発光層5においてp電極8下の領域が発光する。

【0048】発光ダイオード素子100においては、ストライプ状のp電極8がSiO<sub>2</sub>膜10上に位置するように形成されているため、p電極8下の各層4~7の電流注入領域、特にMQW発光層5の発光領域は格子欠陥がほとんど存在せず、結晶性が良好となる。それにより、発光ダイオード素子100の発光効率が向上するとともに、素子の信頼性が向上し、素子寿命が長くなる。

【0049】また、複数のストライプ状のp電極8がp-コンタクト層7上の広い領域に渡って形成されているため、電流注入領域が広がる。それにより、発光ダイオード素子100における発光領域が広がる。

【0050】さらに、p電極8はストライプ状であるため、p-コンタクト層7上の広い領域に渡ってp電極8を形成した場合においても、p電極8により被覆されるp-コンタクト層7の領域の面積は小さい。したがって、p電極8が光の透過率に及ぼす影響が少なく、発光ダイオード素子100のp電極8側から光を取り出す際

の光の損失が少ない。

【0051】以上のことから、発光ダイオード素子100においては、発光効率がさらに向上する。

【0052】図2は本発明の他の実施例における発光ダイオード素子の断面図である。図2に示す発光ダイオード素子101は、以下の点を除いて発光ダイオード素子100と同様の構造を有する。

【0053】発光ダイオード素子101においては、p電極8がSiO<sub>2</sub>膜10の中央部を除く領域上に位置するように形成されている。

【0054】ここで、n-コンタクト層4のn-GaNがSiO<sub>2</sub>膜10上において横方向成長する際、SiO<sub>2</sub>膜10の中央部上においては両側から横方向成長してきたn-GaNが接触する。このため、SiO<sub>2</sub>膜10の中央部上のn-GaNは、SiO<sub>2</sub>膜10上の他の領域に比べて結晶性が悪い。このような結晶性の悪い領域はボイドと呼ばれる。したがって、このような結晶性の悪いSiO<sub>2</sub>膜10の中央部(ボイド)を除き、結晶性\*

\*の良好なSiO<sub>2</sub>膜10の他の領域上にp電極8を形成することにより、p電極8下の各層4~7の結晶性がさらに向上する。それにより、電流注入領域および発光領域の結晶がさらに高品質となり、発光ダイオード素子101の発光効率および素子の信頼性がさらに向上する。

【0055】次に、発光ダイオード素子101の製造方法について説明する。図3は発光ダイオード素子101の製造工程を示す模式的な工程断面図である。

【0056】図3(a)に示すように、結晶成長装置中において、大気圧下、MOVPE法(有機金属気相成長法)により、サファイア基板1のc(0001)面上にAlGaNからなるバッファ層2およびアンドープのGaN層3を成長させる。なお、各層2, 3の成長条件は表1に示す通りである。表1中のTMA1はトリメチルアルミニウムを表しており、TMGaはトリメチルガリウム、TMInはトリメチルインジウムを表している。

【0057】

【表1】

	原料ガス	基板温度(°C)
バッファ層2	TMA1, TMGa, NH <sub>3</sub>	600
GaN層3	TMGa, NH <sub>3</sub>	1150

【0058】次に、図3(b)に示すように、一旦、結晶成長装置からウエハを取り出し、EB(電子ビーム)蒸着法またはスパッタ蒸着法等の蒸着法およびフォトリソグラフィ技術を用いて、平行に並ぶ複数のストライプ状領域にマスク膜としてSiO<sub>2</sub>膜10を形成する。このとき、SiO<sub>2</sub>膜10はGaN層3の(11-20)方向または(1-100)方向に形成することが好ましい。これらの方向にSiO<sub>2</sub>膜10を形成した場合、SiO<sub>2</sub>膜10上にn-GaNが横方向成長しやすい。

【0059】続いて、図3(c)に示すように、再びウエハを結晶成長装置に戻し、n-GaNからなるn-コンタクト層4を成長させる。この場合、SiO<sub>2</sub>膜10上においてはn-GaNは成長せず、SiO<sub>2</sub>膜10間で露出したGaN層3上においてn-GaNが縦方向に成長する。ここで、(0001)方向の成長速度が最も大きくなるようにn-GaNの成長条件を設定することにより、図3(d)に示すように、斜面に(1-101)面が露出した三角形にn-GaNが成長する。やがて、n-GaNは横方向にも成長するため、SiO<sub>2</sub>膜10上にn-GaNが形成される。このようにして、図4(e)に示すように、n-コンタクト層4の(0001)面が平坦化するまでn-コンタクト層4を成長させる。この場合においては、n-コンタクト層4を厚さ2

0μm程度成長させ、表面を平坦化している。

【0060】ここで、露出したGaN層3上において縦方向に成長したn-コンタクト層4の領域は、サファイア基板1から上下方向に延びる格子欠陥(貫通転移)が存在する。一方、SiO<sub>2</sub>膜10上において成長したn-コンタクト層4の領域は、横方向の成長により形成されるため、格子欠陥が伝搬しない。したがって、格子欠陥がほとんど存在せず結晶性が良好である。なお、SiO<sub>2</sub>膜10の中央部上のn-コンタクト層4の領域においては、両側から横方向成長してきたn-GaNが接触するため、SiO<sub>2</sub>膜10上の他のn-コンタクト層4の領域に比べて結晶性が悪い。

【0061】上記のようにしてn-コンタクト層4を形成した後、図4(f)に示すように、n-コンタクト層4上にn-GaNからなる5つの量子障壁層とGa<sub>0.85</sub>In<sub>0.15</sub>Nからなる4つの量子井戸層とを交互に積層し、MQW発光層5を形成する。さらにその上に、p-AlGaNからなるp-クラッド層6およびp-GaNからなるp-コンタクト層7を順に成長させる。なお、各層4~7の成長条件は表2に示す通りである。

【0062】

【表2】

11	原料ガス	12 基板温度 (°C)
n-コンタクト層 4	TMGa, NH <sub>3</sub> , SiH <sub>4</sub>	1180
MQW発光層 5	TMGa, TMIn, NH <sub>3</sub> , SiH <sub>4</sub>	880
p-クラッド層 6	TMAI, TMGa, NH <sub>3</sub> , Cp <sub>2</sub> Mg	1150
p-コンタクト層 7	TMGa, NH <sub>3</sub> , Cp <sub>2</sub> Mg	1150

【0063】前述のように、n-コンタクト層 4 の SiO<sub>2</sub> 膜 10 上の領域は格子欠陥がほとんど存在しない。したがって、このような結晶性の良好な n-コンタクト層 4 の領域上に形成された各層 5~7 の領域においては、格子欠陥がほとんど存在せず結晶性が良好である。

【0064】続いて、図 4 (g) に示すように、EB 蒸着法およびフォトリソグラフィ技術を用いて、p-コンタクト層 7 上に厚さ 3~5 μm の Ni を蒸着し、Ni マスク (図示せず) を形成する。この Ni マスクを用いて、p-コンタクト層 7 から n-コンタクト層 4 までの一部領域をエッチングし、n-コンタクト層 4 の所定領域を露出させる。この場合、例えば CF<sub>4</sub> をエッチングガスとして用いた RIE 法 (反応性イオンエッチング法) によりエッチングする。その後、塩酸等により Ni マスクを除去する。

【0065】さらに、図 4 (h) に示すように、露出した n-コンタクト層 4 上に Au 膜および Ti 膜を順に積層して n 電極 9 を形成する。また、SiO<sub>2</sub> 膜 10 に対応する p-コンタクト層 7 の領域上に、平行な複数のストライプ状の p 電極 8 を形成する。この場合、結晶性の悪い SiO<sub>2</sub> 膜 10 の中央部 (ボイド) を除く領域上に位置するように p 電極 8 を形成する。それにより、p 電極 8 下の領域の結晶性がさらに良好となる。

【0066】以上のようにして、発光効率が高くかつ信頼性の高い発光ダイオード素子 101 が得られる。

【0067】なお、上記の実施例の発光ダイオード素子 100, 101 においてはストライプ状の p 電極 8 を複数本平行に形成した場合について説明したが、複数のストライプ状の p 電極 8 を組合わせることにより、p 電極 8 を格子状、放射状等のパターンで p-コンタクト層 7 上に形成してもよい。格子状に p 電極 8 を形成する場合、例えば GaN 層 3 上の直交する (11-20) 方向および (1-100) 方向のストライプ状領域に SiO<sub>2</sub> 膜 10 を形成し、この格子状の SiO<sub>2</sub> 膜 10 に対応して p 電極 8 を形成する。また、幅の大きな 1 本のストライプ状の SiO<sub>2</sub> 膜 10 を形成し、この SiO<sub>2</sub> 膜 10 の領域に対応する領域内に格子状、放射状等の p 電極 8 を

形成してもよい。なお、いずれの場合においても、結晶性の悪い SiO<sub>2</sub> 膜 10 の中央部上の領域を除いて p 電極 8 を形成することが好ましい。また、n-コンタクト層 4 の表面を早く平坦化することが可能なことから、SiO<sub>2</sub> 膜 10 を格子状に形成することが好ましい。

【0068】また、発光ダイオード素子 100, 101 においては、マスク膜として絶縁体である SiO<sub>2</sub> 膜 10 を用いた場合について説明したが、SiO<sub>2</sub> 膜 10 の代わりに SiO<sub>2</sub> 以外の酸化膜を用いてもよい。あるいは、マスク膜として、SiN<sub>x</sub> 等の窒化膜を用いてもよい。さらに、マスク膜として、n-コンタクト層 4 の成長時の基板温度よりも高い融点を有する金属、例えばタングステン等からなる薄膜を用いてもよい。これらの場合においても、SiO<sub>2</sub> 膜 10 からなるマスク膜と同様、マスク膜の上に n-GaN を横方向成長させることにより n-コンタクト層 4 を形成する。

【0069】なお、発光ダイオード素子 100, 101 を構成する各層が Al, Ga および In を含む窒化物系半導体以外に、ホウ素を含む窒化物系半導体により構成されてもよい。

【0070】さらに、本発明に係る半導体発光素子の製造方法は、発光ダイオード素子以外にも適用可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例における発光ダイオード素子の模式的断面図である。

【図 2】本発明の他の実施例における発光ダイオード素子の模式的断面図である。

【図 3】図 2 に示す発光ダイオード素子の製造工程を示す模式的工程断面図である。

【図 4】図 2 に示す発光ダイオード素子の製造工程を示す模式的工程断面図である。

#### 【符号の説明】

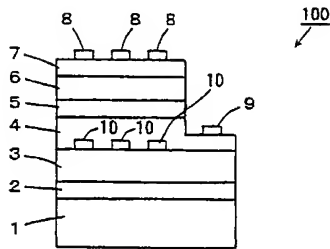
- 1 サファイア基板
- 2 バッファ層
- 3 GaN 層
- 4 n-コンタクト層



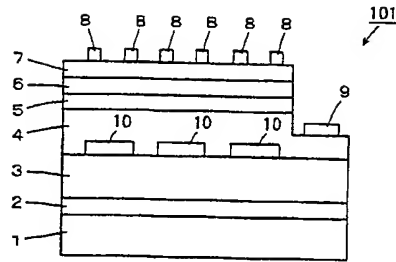
5 MQW発光層  
6 p-クラッド層  
7 p-コンタクト層  
8 p電極

9 n電極  
10 SiO<sub>2</sub>膜  
100, 101 発光ダイオード素子

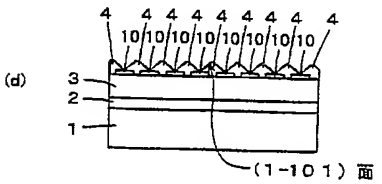
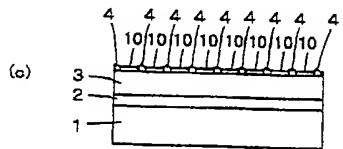
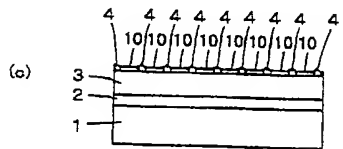
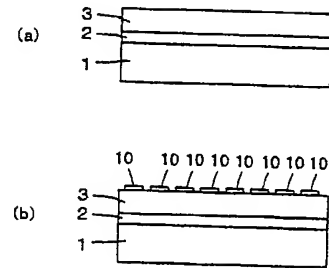
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

